

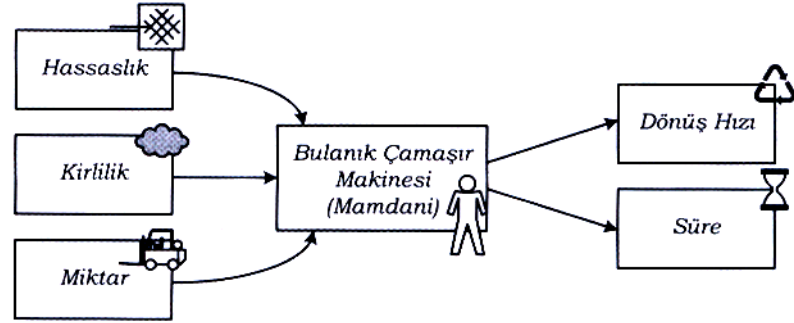
# **BULANIK MANTIK VE SİSTEMLER**

## **İÇİNDEKİLER**

<b>BULANIK ÇAMAŞIR MAKİNESİ .....</b>	<b>2</b>
ÜYELİK FONKSİYONLARI .....	2
ÇIKARIM MEKANİZMASI .....	5
DURULAMA.....	7
Ağırlık Merkezi Yöntemi ( Centroid ) .....	7
Ağırlıklı Ortalama Yöntemi ( Weighted Average Method ) .....	7
Maksimum Üyelik Yöntemi ( Max Membership ).....	7
Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi ( Mean-Max Method).....	8
KURAL TABLOSU .....	9
<b>UYGULAMA ÖRNEKLERİ .....</b>	<b>12</b>
<b>YAZILIMIN AÇIKLAMASI.....</b>	<b>18</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>19</b>

## BULANIK ÇAMAŞIR MAKİNESİ

Burada genel sınırları ile bulanık mantık denetleyicileri tarafından çalıştırılan çamaşır makinesinin tasarımı örneklenmiştir. Çamaşır makinesi, kirli çamaşırları belirli bir süre ve dönüş hızı ile içerisinde yıkayan bir sistem olarak düşünülebilir. Burada çamaşır makinesinin denetleyicisi çamaşırlarla ilgili bazı çıktılar üretmek durumundadır. Temel girdiler olarak da çamaşırların hassaslığı, kirliliği ve miktarı, çıktı parametreleri olarak ise makinenin dönüş hızı, süresi ve deterjan miktarı alınabilir. Çıktı parametrelerinin seçiminde temel amaç, çamaşırları olabildiğince temiz ve olabildiğince az zarar vererek yıkamak olmalıdır. Dönüş hızı yıkamanın ne kadar sert bir şekilde yapılacağı ve dolayısıyla çamaşırların ne kadar zarar görebileceği ile, süre yıkama müddetinin ne kadar olacağı ile, deterjan miktarı ise yıkamada kullanılması gereken deterjanın miktarı ile ilişkilidir.

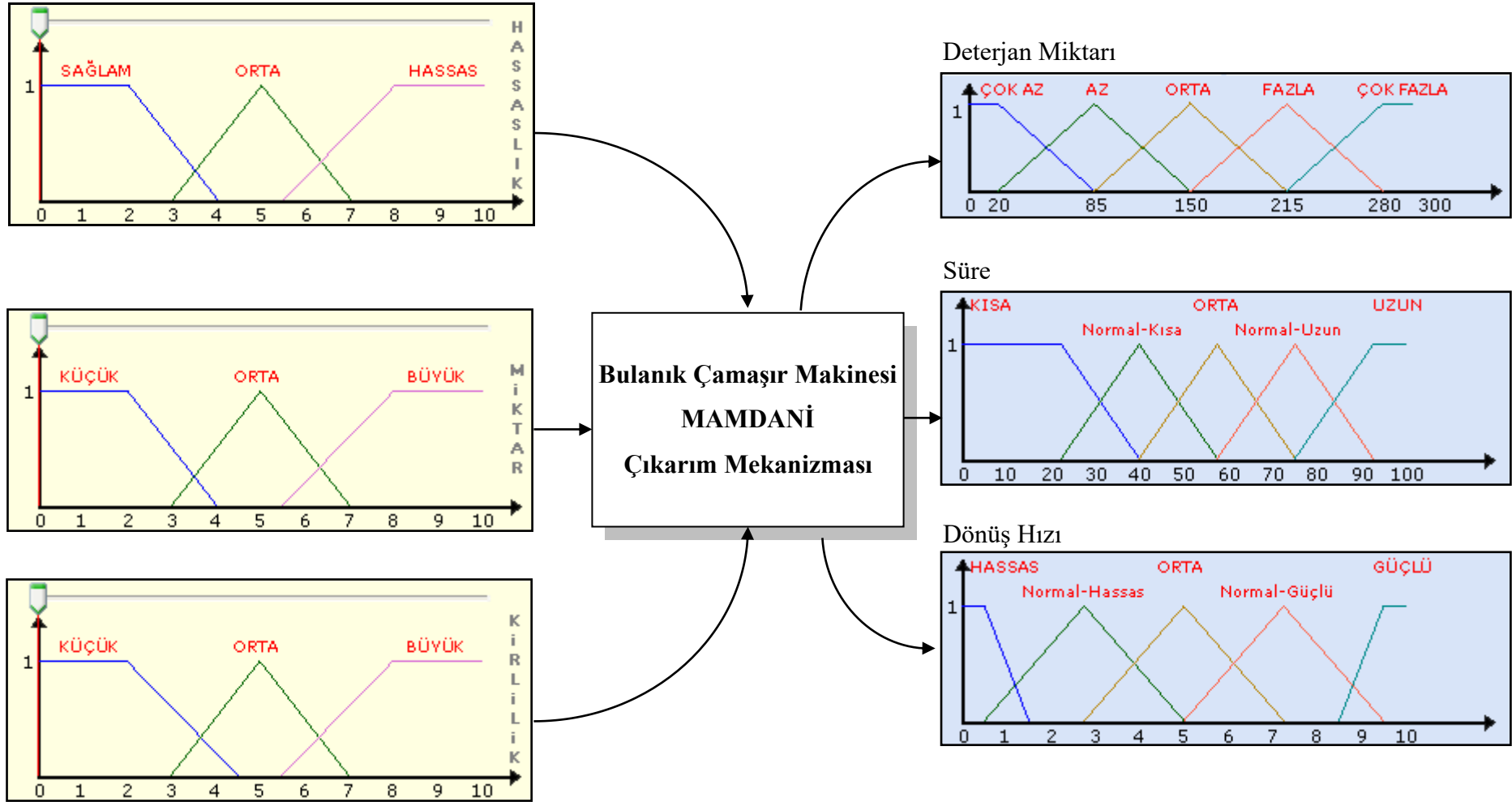


## ÜYELİK FONKSİYONLARI

Girdi ve çıktıların bulanık kümelerinde kullanılan dilsel niteleyiciler ile sınır değerleri aşağıda verilmiştir. Buradan da anlaşılabileceği gibi üyelik fonksiyonu olarak üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanılmıştır.

Girdi	Bulanık Kümeler	Aralık
Hassaslık	Sağlam – Orta – Hassas	0–10
Miktar	Küçük – Orta – Büyük	0–10
Kirlilik	Küçük – Orta – Büyük	0–10

Çıktı	Bulanık Kümeler	Aralık
Dönüş Hızı	Hassas – Normal Hassas – Orta – Normal Güçlü – Güçlü	0–10
Süre	Kısa – Normal Kısa – Orta – Normal Uzun – Uzun	0–100
Deterjan Miktarı	Çok Az – Az – Orta – Fazla – Çok Fazla	0–300



Çamaşırların hassaslığı ile ilgili üç bulanık küme belirlendi. Girdi aralığı da 0 dan 10 a kadar bölündü. 10 burada en hassas iken, 0 da en sağlam çamaşırları göstermektedir. Kirlilik ve miktar da aynı şekilde tanımlandı. Burada en kirli ve en çok çamaşırı belirten sayılar 10, en temiz ve en az çamaşırı belirten sayılar 0 dır.

Bu bulanık kümelerle göre üyelik fonksiyonlarını basit ve hesaplamaları kolaylaştıracak şekilde üçgen ve yamuk olarak seçilmiştir.

Yapılan uygulamada seçilen giriş değerlerinin ve dönüş hızı ile süre çıkışlarının üyelik fonksiyonları, aralıkları ve bulanık sistemin kural tabanının oluşturulmasında Nazife Baykal ve Timur Beyan'ın "Bulanık Mantık Uzman Sistem ve Denetleyiciler" kitabından faydalanılmıştır. Buna ek olarak deterjan miktarı çıkışı dâhil edilerek örnek geliştirilmiştir.

Aşağıda giriş ve çıkışların bulanık kümeleri ve aralıkları verilmektedir.

Girdi Üyelik Fonksiyon Değerleri			
	Bulanık Küme	Üyelik Fonksiyon Tipi	Değerler
HASSASLIK	Sağlam	Yamuk	$[-4, -1.5, 2, 4]$
	Orta	Üçgen	$[3, 5, 7]$
	Hassas	Yamuk	$[5.5, 8, 12.5, 14]$
MİKTAR	Küçük	Yamuk	$[-4, -1.5, 2, 4]$
	Orta	Üçgen	$[3, 5, 7]$
	Büyük	Yamuk	$[5.5, 8, 12.5, 14]$
KİRLİLİK	Küçük	Yamuk	$[-4.5, -2.5, 2, 4.5]$
	Orta	Üçgen	$[3, 5, 7]$
	Büyük	Yamuk	$[5.5, 8, 12.5, 15]$

Çıktı Üyelik Fonksiyon Değerleri			
	Bulanık Küme	Üyelik Fonksiyon Tipi	Değerler
DÖNÜŞ HIZI	Hassas	Yamuk	[-5.8, -2.8, 0.5, 1.5]
	Normal-Hassas	Üçgen	[0.5, 2.75, 5]
	Orta	Üçgen	[2.75, 5, 7.25]
	Normal-Güçlü	Üçgen	[5, 7.25, 9.5]
	Güçlü	Yamuk	[8.5, 9.5, 12.8, 15.2]
SÜRE	Kısa	Yamuk	[-46.5, -25.28, 22.3, 39.9]
	Normal-Kısa	Üçgen	[22.3, 39.9, 57.5]
	Orta	Üçgen	[39.9, 57.5, 75.1]
	Normal-Uzun	Üçgen	[57.5, 75.1, 92.7]
	Uzun	Yamuk	[75, 92.7, 111.6, 130]
DETERJAN MİKTARI	Çok Az	Yamuk	[0, 0, 20, 85]
	Az	Üçgen	[20, 85, 150]
	Orta	Üçgen	[85, 150, 215]
	Fazla	Üçgen	[150, 215, 280]
	Çok Fazla	Yamuk	[215, 280, 300, 300]

## ÇIKARIM MEKANİZMASI

Bir girdi, bulanık kural tabanında çıkarım mekanizması sayesinde işleme tabi tutulur. Kural tabanında bilginin modellenme şekline göre eldeki girdiye karşılık gelen çıktı değeri belirlenir.

Burada yaygınlığı ve iyi bilinmesinin yanı sıra etkinliğinden dolayı Mamdani yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem bulanık koşul işlemcisi olarak EK (min) işlemcisini, bileşke işlemcisi olarak da EB-EK (max-min) işlemcisini kullanır. Bulanık kurallar şu şekilde verilmiş olsun.

$R_i$ : Eğer  $x$   $A_i$  ve  $y$   $B_i$  ise, o halde  $z$   $C_i$  dir.

$$i = 1, 2, 3, \dots, n \quad x \in A_i \subset U; y \in V, B_i \subset V; x \in U, C_i \subset W$$

1. Girdi verisi  $x = x_0$  ve  $y = y_0$  gibi bir tekillik olduğunda (bu durumda, girdi verisi bulandırılmaz)  $A_i$  ve  $B_i$  eşleşme derecesi (ateşleme gücü) sırayla  $\mu_{A_i}(x_0)$  ve  $\mu_{B_i}(y_0)$  dır. Bundan dolayı  $R_i$  kuralının eşleşme derecesi;

$$\alpha_i = \mu_{A_i}(x_0) \wedge \mu_{B_i}(y_0)$$

$C'_i$ ,  $R_i$  kuralının sonucu olduğunda;

$$\mu_{C_i}(z) = \alpha_i \wedge \mu_{C_i}(z)$$

Toplam sonuç  $C'$  bireysel denetim kurallarından türer;

$$\mu_{C'}(z) = \bigvee_{i=1}^n [\alpha_i \wedge \mu_{C_i}(z)]$$

$$C' = \bigcup_{i=1}^n C'_i$$

2. Girdi verileri  $A'$  ve  $B'$  bulanık kümeleri olduğunda  $i = 1, 2, \dots, n$  olmak üzere;

$$\alpha_i = EK \left[ EB(\mu_{A'}(x) \wedge \mu_{A_i}(x)), EB(\mu_{B'}(y) \wedge \mu_{B_i}(y)) \right]$$

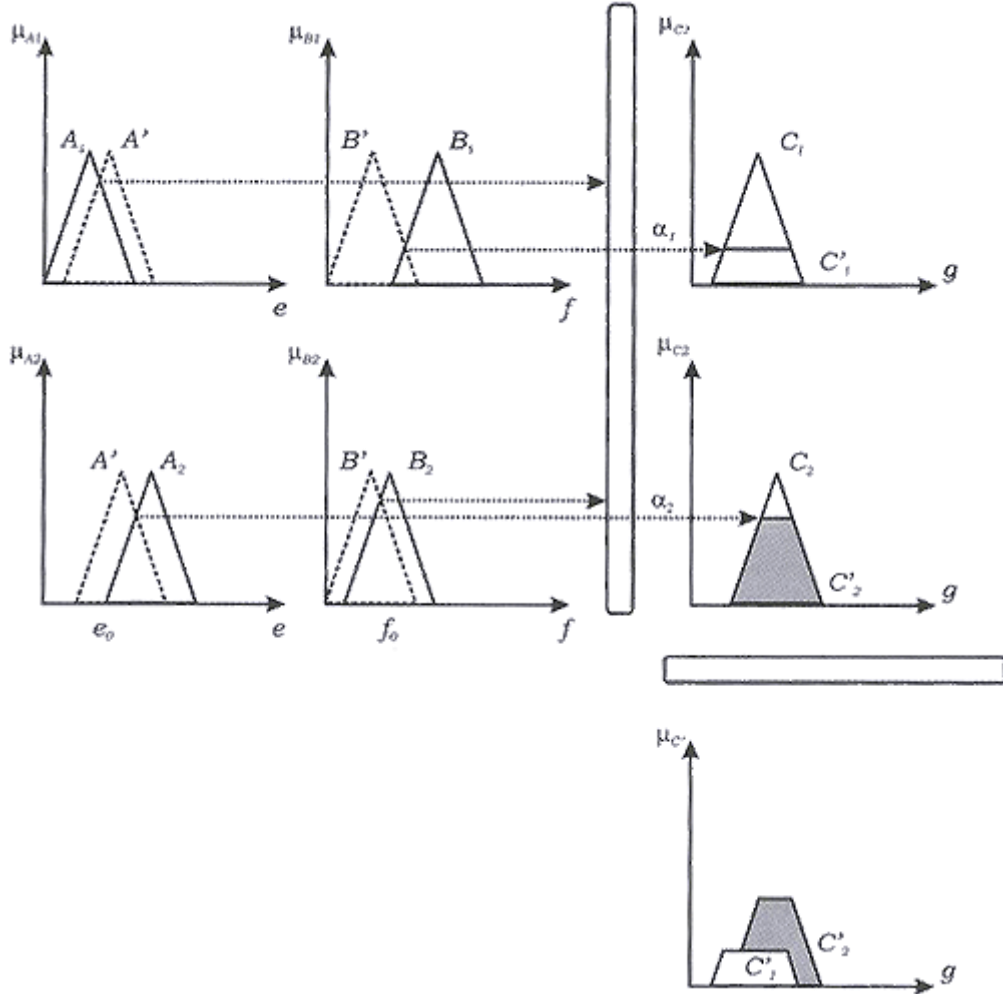
$$\mu_{C'_i}(z) = \alpha_i \wedge \mu_{C_i}(z)$$

Toplam  $C'$  sonucu;

$$\mu_{C'}(z) = \bigvee_{i=1}^n [\alpha_i \wedge \mu_{C_i}(z)]$$

$$C' = \bigcup_{i=1}^n C'_i$$

olarak belirlenir. Örnek olarak aşağıdaki bulanık sayının Mamdani çıkarım sonucu görülmektedir.



## **DURULAMA**

Durulama, elde edilmiş bir bulanık denetim etkinliğinde olasılık dağılımını en iyi gösteren, bulanık olmayan denetim etkinliğini elde etme sürecidir. İyi bir durulama stratejisi seçmek için sistematik bir işlem yoktur ve uygulamanın özelliklerini dikkate alan bir yöntem seçilmesi gerekir.

30 dan fazla durulama yöntemi vardır. Bunların bir kısmı en büyük üyelik, centroid yöntemi, ağırlıklı ortalama yöntemi, ortalama en büyük üyelik, toplamların merkezi, en büyük alanın merkezi, en büyük ilk veya son üyelik derecesi olarak sıralanabilir.

Burada kural tabanı ve üyelik fonksiyonları göz önüne alınarak ağırlıklı ortalama yöntemi ve centroid yöntemi olmak üzere iki farklı durulama yöntemine göre de hesaplama yapılmıştır.

Aşağıda ağırlıklı ortalama yöntemi(weighted average method) ve ağırlık merkezi(centroid) yöntemleri başta olmak üzere bazı durulama yöntemleri hakkında bilgi verilmektedir.

### **Ağırlık Merkezi Yöntemi ( Centroid )**

Ağırlık Merkezi veya alan merkezi olarak da bilinen bu yöntem en yaygın kullanılan durulama yöntemidir. Şu formülle ifade edilir.

$$z^* = \frac{\int \mu_c(z).zdz}{\int \mu_c(z)dz} \quad \text{Denklem-1}$$

### **Ağırlıklı Ortalama Yöntemi ( Weighted Average Method )**

Bu yöntem sadece simetrik çıkış üyelik fonksiyonları için geçerli bir yöntemdir. Cebirsel ifadesi şöyle verilir,

$$z^* = \frac{\sum \mu_c(\bar{z})\bar{z}}{\sum \mu_c(\bar{z})} \quad \text{Denklem-2}$$

### **Maksimum Üyelik Yöntemi ( Max Membership )**

Bütün üyelik dereceleri içinde en büyük olana eşittir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_c(z^*) \geq \mu_c(z) \quad z \in Z \quad \text{Denklem-3}$$

### **Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi ( Mean-Max Method)**

Maksimum üyelik işlevi yöntemiyle ilişkilidir. Bu işlev maksimum üyelik derecesi tek bir nokta olmayıp, düz olabilen sistemler içinde kullanılabilmektedir. Şu şekilde ifade edilir,

$$z^* = \frac{a+b}{2} \quad \text{Denklem-4}$$



## **KURAL TABLOSU**

Kural Tablosunun oluşturulmasında [1] den ve çamaşır makinesi kullanmada uzman ve deneyimli kişilerden faydalanılmıştır. 3 girişli ve her biri 3 bulanık kümeye sahip bulanık sistemde en fazla  $3 \times 3 \times 3 = 27$  kural tanımlanabilir. Buna göre oluşturulan kural tablosu aşağıdaki gibidir.

1. IF Hassaslık = hassas AND Miktar = küçük AND Kirlilik = küçük  
THEN Dönüş Hızı = hassas AND Süre = kısa AND Deterjan = çok\_az
2. IF Hassaslık = hassas AND Miktar = küçük AND Kirlilik = orta  
THEN Dönüş Hızı = normal\_hassas AND Süre = kısa AND Deterjan = az
3. IF Hassaslık = hassas AND Miktar = küçük AND Kirlilik = büyük  
THEN Dönüş Hızı = orta AND Süre = normal\_kısa AND Deterjan = orta
4. IF Hassaslık = hassas AND Miktar = orta AND Kirlilik = küçük  
THEN Dönüş Hızı = hassas AND Süre = kısa AND Deterjan = orta
5. IF Hassaslık = hassas AND Miktar = orta AND Kirlilik = orta  
THEN Dönüş Hızı = normal\_hassas AND Süre = normal\_kısa AND Deterjan = orta
6. IF Hassaslık = hassas AND Miktar = orta AND Kirlilik = büyük  
THEN Dönüş Hızı = orta AND Süre = orta AND Deterjan = fazla
7. IF Hassaslık = hassas AND Miktar = büyük AND Kirlilik = küçük  
THEN Dönüş Hızı = normal\_hassas AND Süre = normal\_kısa AND Deterjan = orta
8. IF Hassaslık = hassas AND Miktar = büyük AND Kirlilik = orta  
THEN Dönüş Hızı = normal\_hassas AND Süre = orta AND Deterjan = fazla
9. IF Hassaslık = hassas AND Miktar = büyük AND Kirlilik = büyük  
THEN Dönüş Hızı = orta AND Süre = normal\_uzun AND Deterjan = fazla
10. IF Hassaslık = orta AND Miktar = küçük AND Kirlilik = küçük  
THEN Dönüş Hızı = normal\_hassas AND Süre = normal\_kısa AND Deterjan = az

11. IF Hassaslık = orta AND Miktar = küçük AND Kirlilik = orta  
THEN Dönüş Hızı = orta AND Süre = kısa AND Deterjan = orta
12. IF Hassaslık = orta AND Miktar = küçük AND Kirlilik = büyük  
THEN Dönüş Hızı = normal\_güçlü AND Süre = orta AND Deterjan = fazla
13. IF Hassaslık = orta AND Miktar = orta AND Kirlilik = küçük  
THEN Dönüş Hızı = normal\_hassas AND Süre = normal\_kısa AND Deterjan = orta
14. IF Hassaslık = orta AND Miktar = orta AND Kirlilik = orta  
THEN Dönüş Hızı = orta AND Süre = orta AND Deterjan = orta
15. IF Hassaslık = orta AND Miktar = orta AND Kirlilik = büyük  
THEN Dönüş Hızı = hassas AND Süre = uzun AND Deterjan = fazla
16. IF Hassaslık = orta AND Miktar = büyük AND Kirlilik = küçük  
THEN Dönüş Hızı = hassas AND Süre = orta AND Deterjan = orta
17. IF Hassaslık = orta AND Miktar = büyük AND Kirlilik = orta  
THEN Dönüş Hızı = hassas AND Süre = normal\_uzun AND Deterjan = fazla
18. IF Hassaslık = orta AND Miktar = büyük AND Kirlilik = büyük  
THEN Dönüş Hızı = hassas AND Süre = uzun AND Deterjan = çok\_fazla
19. IF Hassaslık = sağlam AND Miktar = küçük AND Kirlilik = küçük  
THEN Dönüş Hızı = orta AND Süre = orta AND Deterjan = az
20. IF Hassaslık = sağlam AND Miktar = küçük AND Kirlilik = orta  
THEN Dönüş Hızı = normal\_güçlü AND Süre = orta AND Deterjan = orta
21. IF Hassaslık = sağlam AND Miktar = küçük AND Kirlilik = büyük  
THEN Dönüş Hızı = güçlü AND Süre = normal\_uzun AND Deterjan = fazla
22. IF Hassaslık = sağlam AND Miktar = orta AND Kirlilik = küçük  
THEN Dönüş Hızı = orta AND Süre = orta AND Deterjan = orta
23. IF Hassaslık = sağlam AND Miktar = orta AND Kirlilik = orta  
THEN Dönüş Hızı = normal\_güçlü AND Süre = normal\_uzun AND Deterjan = orta

24. IF Hassaslık = sağlam AND Miktar = orta AND Kirlilik = büyük  
THEN Dönüş Hızı = güçlü AND Süre = orta AND Deterjan = çok\_fazla
25. IF Hassaslık = sağlam AND Miktar = büyük AND Kirlilik = küçük  
THEN Dönüş Hızı = normal\_güçlü AND Süre = normal\_uzun AND Deterjan = fazla
26. IF Hassaslık = sağlam AND Miktar = büyük AND Kirlilik = orta  
THEN Dönüş Hızı = normal\_güçlü AND Süre = uzun AND Deterjan = fazla
27. IF Hassaslık = sağlam AND Miktar = büyük AND Kirlilik = büyük  
THEN Dönüş Hızı = güçlü AND Süre = uzun AND Deterjan = çok\_fazla

## UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Programdan alınan 3 değişik örnek için giriş değerleri sonucunda elde edilen çıkış değerleri, grafikleri, ateşlenen kurallar ile beraber ilerleyen sayfalarda verilmiştir. Burada verilen birinci örnek için sistemin çalışması detaylı olarak açıklanmıştır.

Hassaslık = 5,0	Miktar = 3,0	Kirlilik = 3,9
-----------------	--------------	----------------

Değerleri için ateşlenen kurallar 10 – 11 – 13 ve 14. kurallardır.

**10.** IF Hassaslık = orta AND Miktar = küçük AND Kirlilik = küçük

THEN Dönüş Hızı = normal\_hassas AND Süre = normal\_kısa AND Deterjan = az

*Bu kuralda hassaslığın orta bulanık kümesindeki bulanık üyelik derecesi 1 , miktarın küçük bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.5 , kirliliğin küçük bulanık kümesindeki bulanık üyelik derecesi 0.24 tür. Buna göre mamdani'nin ilk adımı  $\rightarrow \min(1, 0.5, 0.24) = 0.24$  bulunur.*

**11.** IF Hassaslık = orta AND Miktar = küçük AND Kirlilik = orta

THEN Dönüş Hızı = orta AND Süre = kısa AND Deterjan = orta

*Bu kuralda hassaslığın orta bulanık kümesindeki bulanık üyelik derecesi 1 , miktarın küçük bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.5 , kirliliğin orta bulanık kümesindeki bulanık üyelik derecesi 0.45 tir. Buna göre mamdani'nin ilk adımı  $\rightarrow \min(1, 0.5, 0.45) = 0.45$  bulunur.*

**13.** IF Hassaslık = orta AND Miktar = orta AND Kirlilik = küçük

THEN Dönüş Hızı = normal\_hassas AND Süre = normal\_kısa AND Deterjan = orta

*Bu kuralda hassaslığın orta bulanık kümesindeki bulanık üyelik derecesi 1 , miktarın orta bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0 , kirliliğin küçük bulanık kümesindeki bulanık üyelik derecesi 0.24 tir. Buna göre mamdani'nin ilk adımı  $\rightarrow \min(1, 0, 0.24) = 0$  bulunur.*

**14.** IF Hassaslık = orta AND Miktar = orta AND Kirlilik = orta

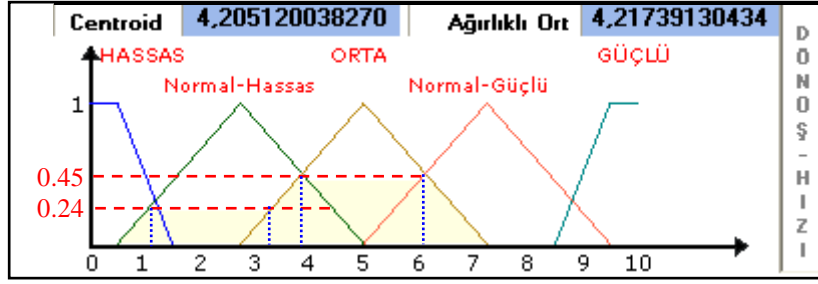
THEN Dönüş Hızı = orta AND Süre = orta AND Deterjan = orta

*Bu kuralda hassaslığın orta bulanık kümesindeki bulanık üyelik derecesi 1 , miktarın orta bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0 , kirliliğin orta bulanık kümesindeki bulanık üyelik derecesi 0.45 tir. Buna göre mamdani'nin ilk adımı  $\rightarrow \min(1, 0, 0.45) = 0$  bulunur.*

Durum dönüş hızı çıkışı için değerlendirildiğinde 10 ve 13. kuralların sonucu normal hassastır. Buna göre Mamdani max-min çıkarımına göre,  $\max(0.24, 0) = 0.24$  bulunur.

Aynı şekilde, 11 ve 14. kuralların sonucu orta bulanık kümesini göstermektedir. Buna göre  $\max(0.45, 0) = 0.45$  bulunur.

Bu durumda Mamdani çıkarımı sonucu dönüş hızı için oluşan grafik şöyledir;



Sıra durulama işlemine gelmektedir. Seçilen bulanık kümeler ikizkenar üçgenler olduğundan, yani simetrik özelliğe sahip olduklarından ağırlıklı ortalama yöntemi için uygundur. Önce bu yönteme göre durulaştırma işlemi aşağıda gösterilmiştir. Daha sonra ise centroid yöntemine göre hesabı verilmiştir.

$$z^* = \frac{\sum \mu_c(z) \bar{z}}{\sum \mu_c(z)} \text{ formülüne göre,}$$

$$z^* = \frac{0.24 \times 2.75 + 0.45 \times 5}{0.24 + 0.45} = 4.21739130434 \text{ bulunur.}$$

Centroid yöntemine göre hesaplama yapabilmek için yukarıdaki şekilde oluşan sarı bölgenin sınır noktalarının parçalı integralde kullanılacağından dolayı bilinmesi gerekir. Bu sınır noktalarının dönüş hızı için programdan alınan değerleri şu şekildedir.

Dönüş Hızı	
{ 0,5 - 0 }	
{ 1,04 - 0,24 }	
{ 1,04 - 0,24 }	
{ 3,29 - 0,24 }	
{ 3,29 - 0,24 }	
{ 3,7625 - 0,45 }	
{ 3,7625 - 0,45 }	
{ 6,2375 - 0,45 }	
{ 6,2375 - 0,45 }	
{ 7,25 - 0 }	

Burada kullanılan üyelik fonksiyonları üçgen ve yamuk türünde olduğundan dolayı integrali alınacak olan fonksiyonlar hep doğrunu integrali olacaktır. Bu yüzden genel bir integral alma metodu şu şekilde geliştirilmiştir.

İki noktası bilinen doğru fonksiyonu,

$$\frac{x - x_1}{x_1 - x_2} = \frac{y - y_1}{y_1 - y_2} \text{ nin integrali alınırsa ve x yerine de}$$

mamdani'den gelecek olan bulanık z değerine koyacağımızı düşünürsek,

$$\text{Denklem-1 de pay için } \int_{z_1}^{z_2} \left( \frac{z - x_1}{x_1 - x_2} (y_1 - y_2) + y_1 \right) z dz = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \left( \frac{z^3}{3} - x_1 \frac{z^2}{2} \right) + y_1 \frac{z^2}{2} \text{ elde edilir}$$

Aynı şekilde payda için,

$$\int_{z_1}^{z_2} \left( \frac{z - x_1}{x_1 - x_2} (y_1 - y_2) + y_1 \right) dz = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \left( \frac{z^2}{2} - x_1 z \right) + y_1 z \text{ formülü elde edilir.}$$

Oluşan bölgede yamuk alanların üst kısmı sabit y fonksiyonu şeklinde olacağından integral işlemi pay ve payda için şu şekilde olur,

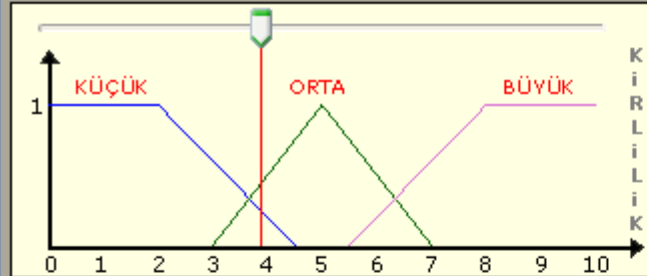
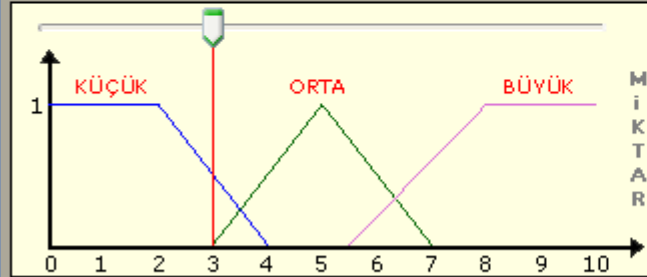
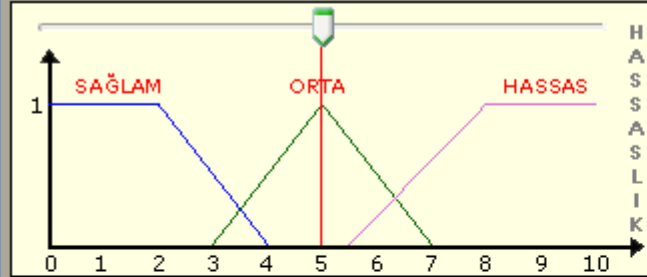
$$\text{pay için } \int_{z_1}^{z_2} y dz = y \frac{z^2}{2} \quad \text{payda için } \int_{z_1}^{z_2} y dz = yz \quad \text{olarak bulunur.}$$

Dönüş hızı için centroid yöntemi ile hesaplama yapılırsa,

$$\begin{aligned} &= \int_{0.5}^{1.04} \left( \frac{(z - 0.5)}{0.5 - 1.04} (0 - 0.24) + 0 \right) z dz + \int_{1.04}^{3.29} 0.24 z dz + \\ &\int_{3.29}^{3.7625} \left( \frac{z - 3.29}{3.29 - 3.7625} (0.24 - 0.45) + 0.24 \right) z dz + \int_{3.7625}^{6.2375} 0.45 z dz + \\ &\int_{6.2375}^{7.25} \left( \frac{z - 6.2375}{6.2375 - 7.25} (0.45 - 0) + 0.45 \right) z dz \\ &= 4.205120038270 \text{ sonucu elde edilir.} \end{aligned}$$

Diğer süre ve deterjan miktarı için de sonuçlar kendi grafiklerine göre ayrıca hesaplanarak elde edilir.

***Yazılan programın doğruluğunun test edilmesi açısından uygulama Matlab’da da yapıldı ve sonuçlar karşılaştırıldı. Değerlerin matlab ile aynı sonuçları ürettiği gözlemlendi.***



No	Hassaslık	Miktar	Kirlilik	Dönüş Hızı	Süre	Deterjan
1	hassas	küçük	küçük	hassas	kısa	çok az
2	hassas	küçük	orta	normal hassas	kısa	az
3	hassas	küçük	büyük	orta	normal kısa	orta
4	hassas	orta	küçük	hassas	kısa	orta
5	hassas	orta	orta	normal hassas	normal kısa	orta
6	hassas	orta	büyük	orta	orta	fazla
7	hassas	büyük	küçük	normal hassas	normal kısa	orta
8	hassas	büyük	orta	normal hassas	orta	fazla
9	hassas	büyük	büyük	orta	normal uzun	fazla
10	orta	küçük	küçük	normal hassas	normal kısa	az
11	orta	küçük	orta	orta	kısa	orta
12	orta	küçük	büyük	normal güçlü	orta	fazla
13	orta	orta	küçük	normal hassas	normal kısa	orta
14	orta	orta	orta	orta	orta	orta
15	orta	orta	büyük	hassas	uzun	fazla
16	orta	büyük	küçük	hassas	orta	orta
17	orta	büyük	orta	hassas	normal uzun	fazla
18	orta	büyük	büyük	hassas	uzun	çok fazla
19	sağlam	küçük	küçük	orta	orta	az
20	sağlam	küçük	orta	normal güçlü	orta	orta
21	sağlam	küçük	büyük	güçlü	normal uzun	fazla
22	sağlam	orta	küçük	orta	orta	orta
23	sağlam	orta	orta	normal güçlü	normal uzun	orta
24	sağlam	orta	büyük	güçlü	orta	çok fazla
25	sağlam	büyük	küçük	normal güçlü	normal uzun	fazla
26	sağlam	büyük	orta	normal güçlü	uzun	fazla
27	sağlam	büyük	büyük	güçlü	uzun	çok fazla

## Giriş Değerleri

Hassaslık = 5,00

Orta

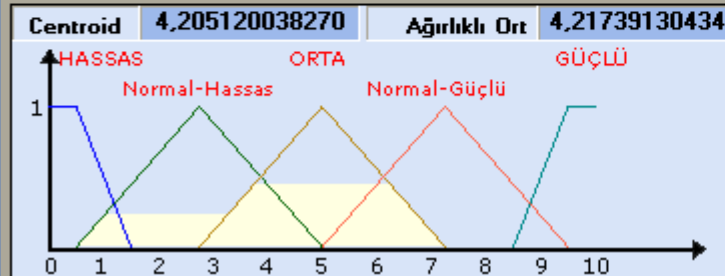
Miktar = 3,00

Küçük, Orta

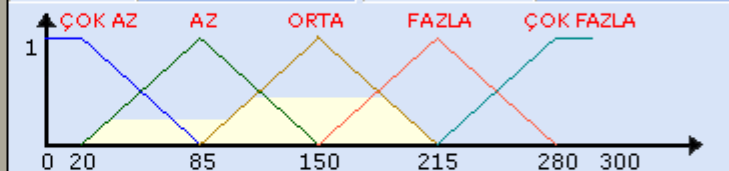
Kirlilik = 3,90

Küçük, Orta

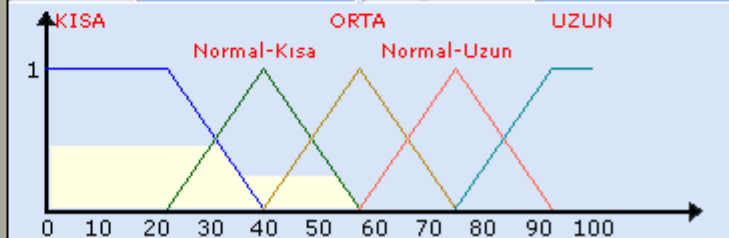
## Mamdani

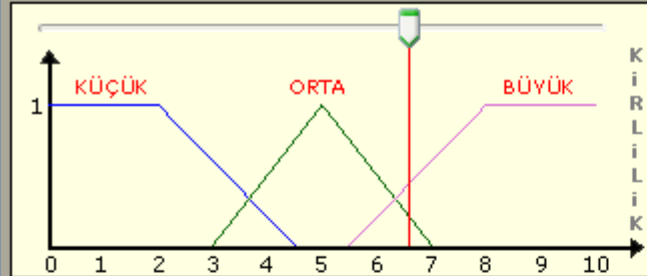
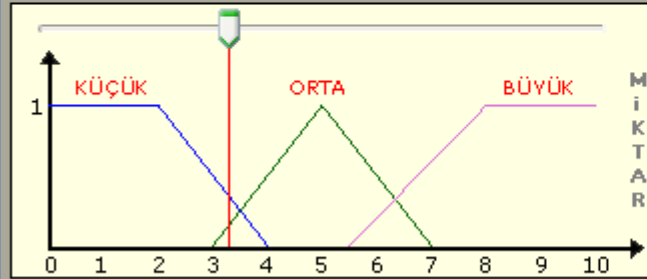
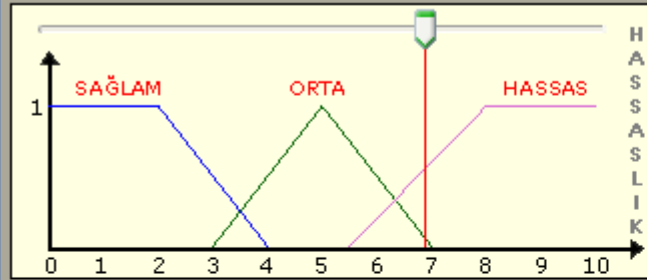
0,24  
0,4499999999  
0  
0

Centroid 127,0367995749 Ağırlıklı Ort 127,391304347



Centroid 23,95414247945 Ağırlıklı Ort 28,4217391304





No	Hassaslık	Miktar	Kirlilik	Dönüş Hızı	Süre	Deterjan
1	hassas	küçük	küçük	hassas	kısa	çok az
2	hassas	küçük	orta	normal hassas	kısa	az
3	hassas	küçük	büyük	orta	normal kısa	orta
4	hassas	orta	küçük	hassas	kısa	orta
5	hassas	orta	orta	normal hassas	normal kısa	orta
6	hassas	orta	büyük	orta	orta	fazla
7	hassas	büyük	küçük	normal hassas	normal kısa	orta
8	hassas	büyük	orta	normal hassas	orta	fazla
9	hassas	büyük	büyük	orta	normal uzun	fazla
10	orta	küçük	küçük	normal hassas	normal kısa	az
11	orta	küçük	orta	orta	kısa	orta
12	orta	küçük	büyük	normal güçlü	orta	fazla
13	orta	orta	küçük	normal hassas	normal kısa	orta
14	orta	orta	orta	orta	orta	orta
15	orta	orta	büyük	hassas	uzun	fazla
16	orta	büyük	küçük	hassas	orta	orta
17	orta	büyük	orta	hassas	normal uzun	fazla
18	orta	büyük	büyük	hassas	uzun	çok fazla
19	sağlam	küçük	küçük	orta	orta	az
20	sağlam	küçük	orta	normal güçlü	orta	orta
21	sağlam	küçük	büyük	güçlü	normal uzun	fazla
22	sağlam	orta	küçük	orta	orta	orta
23	sağlam	orta	orta	normal güçlü	normal uzun	orta
24	sağlam	orta	büyük	güçlü	orta	çok fazla
25	sağlam	büyük	küçük	normal güçlü	normal uzun	fazla
26	sağlam	büyük	orta	normal güçlü	uzun	fazla
27	sağlam	büyük	büyük	güçlü	uzun	çok fazla

## Giriş Değerleri

Hassaslık = 6,90

Orta, Hassas

Miktar = 3,30

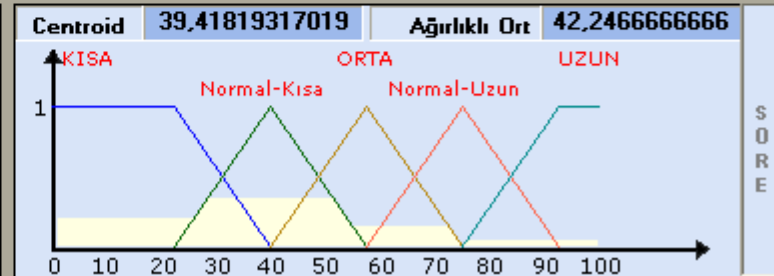
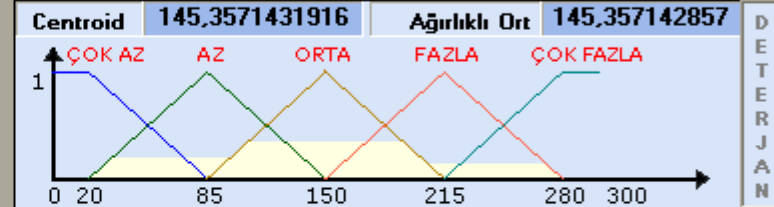
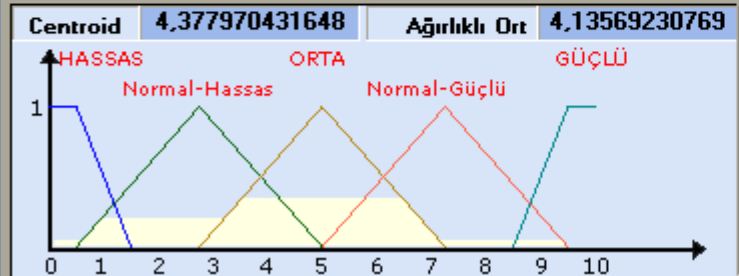
Küçük, Orta

Kirlilik = 6,60

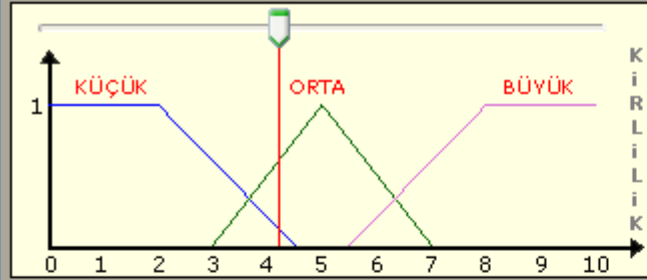
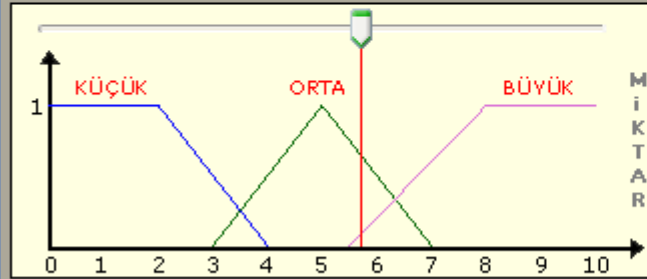
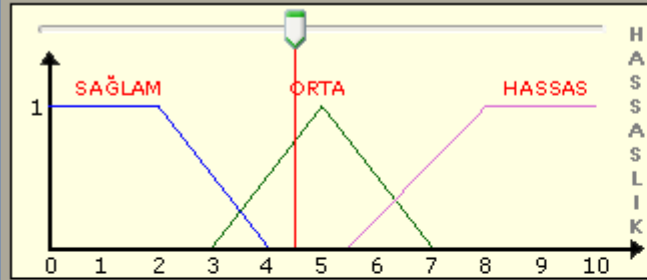
Orta, Büyük

## Mamdani

0,20000000  
0,35000000  
0,14999999  
0,14999999  
0,04999999  
0,04999999







No	Hassaslık	Miktar	Kirlilik	Dönüş Hızı	Süre	Deterjan
1	hassas	küçük	küçük	hassas	kısa	çok az
2	hassas	küçük	orta	normal hassas	kısa	az
3	hassas	küçük	büyük	orta	normal kısa	orta
4	hassas	orta	küçük	hassas	kısa	orta
5	hassas	orta	orta	normal hassas	normal kısa	orta
6	hassas	orta	büyük	orta	orta	fazla
7	hassas	büyük	küçük	normal hassas	normal kısa	orta
8	hassas	büyük	orta	normal hassas	orta	fazla
9	hassas	büyük	büyük	orta	normal uzun	fazla
10	orta	küçük	küçük	normal hassas	normal kısa	az
11	orta	küçük	orta	orta	kısa	orta
12	orta	küçük	büyük	normal güçlü	orta	fazla
13	orta	orta	küçük	normal hassas	normal kısa	orta
14	orta	orta	orta	orta	orta	orta
15	orta	orta	büyük	hassas	uzun	fazla
16	orta	büyük	küçük	hassas	orta	orta
17	orta	büyük	orta	hassas	normal uzun	fazla
18	orta	büyük	büyük	hassas	uzun	çok fazla
19	sağlam	küçük	küçük	orta	orta	az
20	sağlam	küçük	orta	normal güçlü	orta	orta
21	sağlam	küçük	büyük	güçlü	normal uzun	fazla
22	sağlam	orta	küçük	orta	orta	orta
23	sağlam	orta	orta	normal güçlü	normal uzun	orta
24	sağlam	orta	büyük	güçlü	orta	çok fazla
25	sağlam	büyük	küçük	normal güçlü	normal uzun	fazla
26	sağlam	büyük	orta	normal güçlü	uzun	fazla
27	sağlam	büyük	büyük	güçlü	uzun	çok fazla

## Giriş Değerleri

Hassaslık = 4,50

Orta

Miktar = 5,70

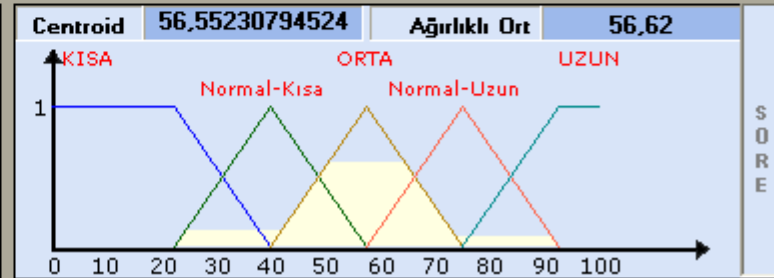
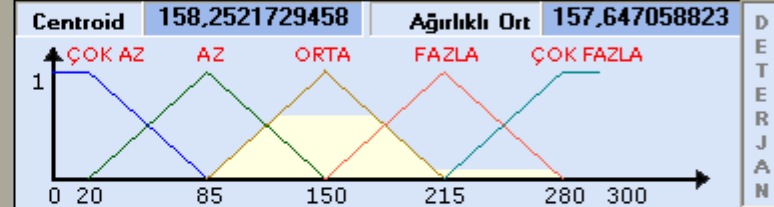
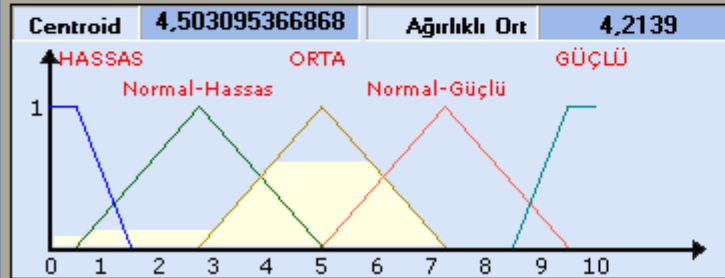
Orta, Büyük

Kirlilik = 4,20

Küçük, Orta

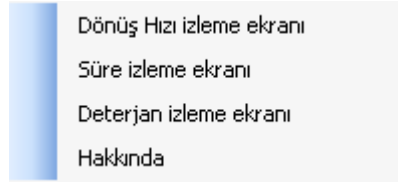
## Mamdani

0,11999999999999999  
0,60000000000000000  
0,08000000000000000  
0,08000000000000000



## YAZILIMIN AÇIKLAMASI

Yazılımın arayüzü yukarıdaki uygulama örneklerinden de görülebileceği şekilde, tüm giriş-çıkış grafikleri ve kural tabanının, tek bir form üzerinde aynı anda görülebileceği şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca giriş değerleri klavyeden alınabileceği gibi farenin scrollarını kullanarak da girilebilir. Giriş değerlerine göre ateşlenen kurallar anında tablo üzerinde seçili hale gelmektedir ve grafikler değerlere göre yenilenmektedir.



Centroid metodun kullanılan alanın sınır değerleri de programda izleyebilmek için izleme ekranları konulmuştur. Her bir çıkışın izleme ekranına erişebilmek için form üzerinde sağ tıklandığında ortaya çıkan bir de bağlamsal menü (context menü) eklenmiştir.

Giriş değerleri 0-10 arasında oransal olarak alınmaktadır. Çıkış değerlerinden Deterjan miktarı çeşitli deterjanların ablajlarından ve çamaşır makinesi kullanmada uzman kişilerden faydalanılarak 0-300 gram aralığında kural tabanı oluşturulmuştur. Süre ve Dönüş hızı da yine oransal olarak alınmıştır.

## KAYNAKÇA

- [1] Nazife BAYKAL – Timur BEYAN, 2004, Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler
- [2] Nazife BAYKAL – Timur BEYAN, 2004, Bulanık Mantık İlke ve Temelleri
- [3] Timothy J. Ross, 1995, Fuzzy Logic with Engineering Applications
- [4] <http://farabi.selcuk.edu.tr/bulanik> ders notları
- [5] Çetin ELMAS, 2003, Bulanık Mantık Denetleyiciler